生体医療工学特論 I

Advanced Biomedical Engineering I

齊藤　俊
山口大学大学院医学研究科
/応用医工学系
/医療支援工学講座
/臨床生体医療工学研究分野

Takashi Saito /Clinical Biomedical Engineering
/Biomedical Engineering division
/Applied Medical Engineering Science
/Graduate School of Medicine
/Yamaguchi University

講義計画

先端医療機器開発における機械工学的アプローチについて

1. Introduction　4/14
2. **システム設計(1)　4/21**
3. システム設計(2)　4/28
4. システム設計(3)　5/12
5. 今年度課題について　5/19
6. システム解析(1)　5/26
7. システム解析(2)　6/02
8. システム解析(3)　6/09
9. 休講　6/16
10. システム統合(1)　6/23
11. システム統合(2)　6/30
12. 今年度課題に関する討論　7/07
13. 開発研究例(1)　7/14
14. 開発研究例(2)　7/21

○科学者／技術者の活動
○知的財産とプロジェクト
○車椅子の設計開発
○課題(1)

講義計画

先端医療機器開発における機械工学的アプローチについて

システム設計 (1)

機械設計とシステム技術

① システム工学を取り入れた（機械）設計
② 階層構造に基づくシステム化
③ モデル化，評価，最適化の手法3本柱の使用

機械設計における事実 (1)

(1) 同じテーマに対する100人の設計者の設計は，100通りの設計となりうる．即ち，設計解はいく通りも存在．

(2) 設計において，部分的な改善は，他の部分と干渉する．その部分の変更だけでは済まされず，他部品との関係やシステム全体への影響を考慮しなければ，良い改善は不可能．

(3) 使用者の要求が厳しくなっており，改善前より，より良い物を作る創造性が必要．

(4) 全設計作業のうちで考える時間に多大の工数を要する．即ち，設計の仕事は試行錯誤の部分が多数存在．

Graduate School of Medicine, Yamaguchi University

機械設計における事実 (2)

(1) 進んだ工場では，生産工程は連続した一つのラインを構成し，1台の機械も一つのラインとの関連から設計を考える必要がある．生産システム，FA，CIMなどのように，機械は生産システムの中では一つの要素．
(2) 1台の機械の高度化，複雑化が進み，電子技術，ITとの統合が当然となる．メカトロ化＋IT化．
(3) 機械の構造，性能なども大型化，または，小型化，高速化，高精度化などが進み，設計もこれらの変化に対応できる能力が要求されるようになっている．最適化．
(4) ユーザーの要求が厳しくなっている．ニーズに対応した設計．

Applied Medical Engineering Science

現在の機械設計の課題

① 設計における試行錯誤を少なくする，
すなわち思考過程の合理化
② 複雑化への対応
③ 創造性の発揮
④ 最適化

<u>必要となる技術</u>
1. 機械をまとめる総合の技術
2. 創造の技術
3. 思考過程合理化の技術

⇒ システム技術

システムの定義

<u>オペレーションリサーチ用語</u>(JIS Z 8121)による定義．
「多数の構成要素が有機的な秩序を保ち，同一目的に向かって行動するもの」

<u>信頼性用語</u>(JIS Z 8115)による定義
「所定の任務を達成するために，選定され，配列され，互いに連携して動作する一連のアイテム（ハードウェア，ソフトウェア，人間要素の組み合わせ」

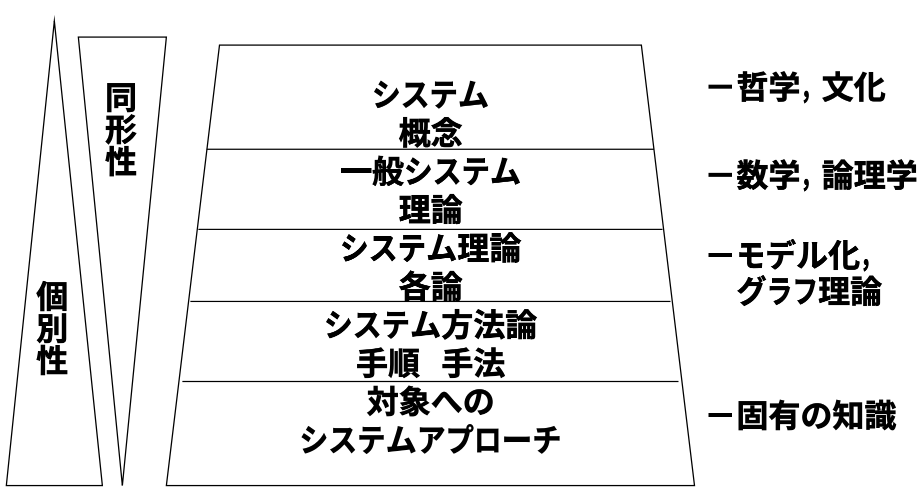
<u>機械工学便覧</u>の説明
「対象を部分が結合してできた全体として認識するときに，対象につける統一的な呼び名．」対象としては，もの，活動，組織，現象，概念，情報，ソフトウェアなど様々なものを取り上げることができる．

⇨ システムとはものの見方

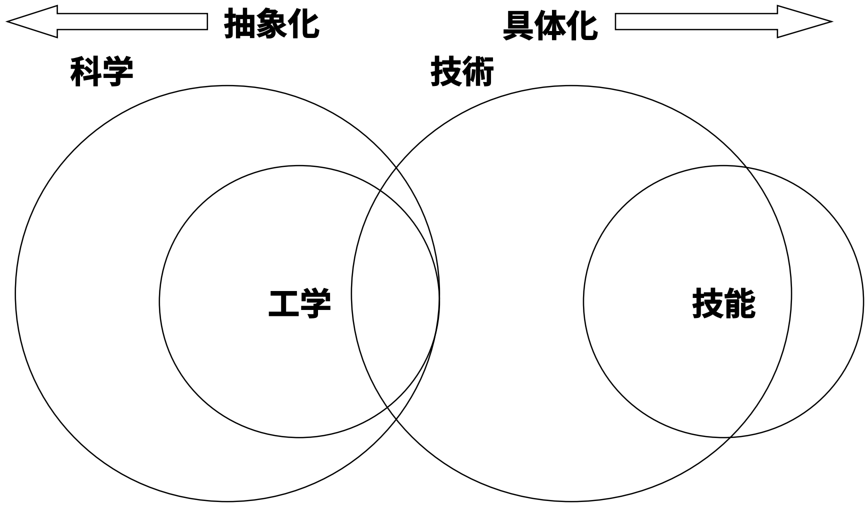
システムの特徴

① 二つ以上の要素を結合すればシステムになる．逆にシステムを構成する要素をサブシステムと呼ぶ．
② システムの個々の要素は互いに関係し合い，他の要素に影響を与える．
③システムは機能を持ち，その影響を他に影響を及ぼす．機能とは働き，一種の役割．機械の構成部品はそれぞれ役割を持つ．
④ システムの機能は目的に適応するように働く．機械システムとしてみた場合，その機械は何をする機械かが，その機械の目的になる．サブシステムである各部品（要素）は目的を実現するために役割分担をしている．

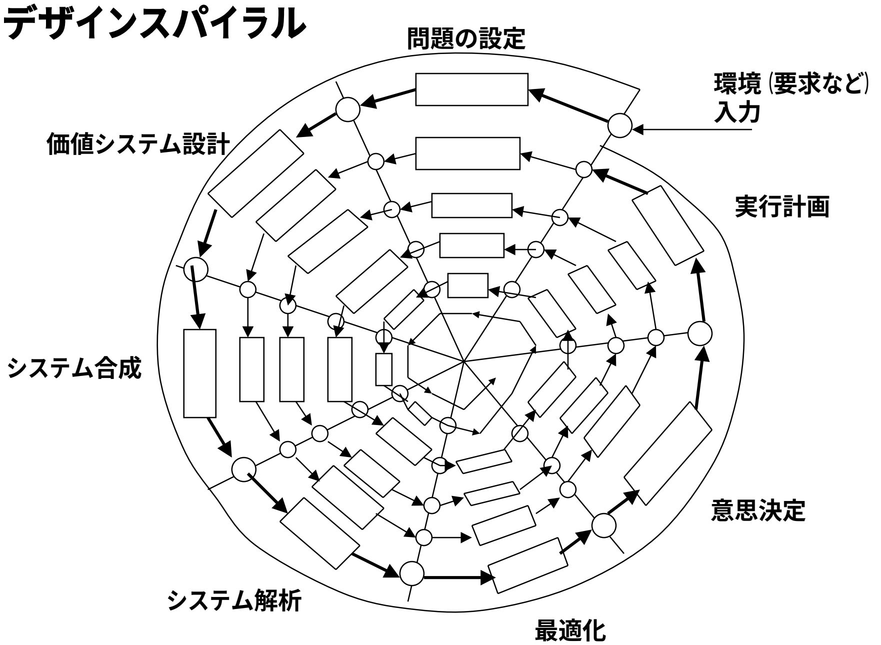
システム概念



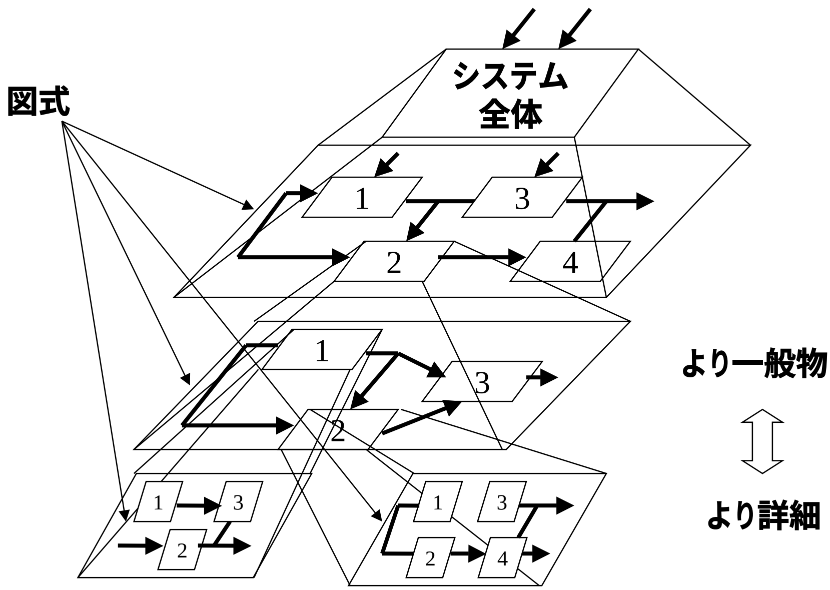
生産に関する科学, 工学, 技術, 技能の関係



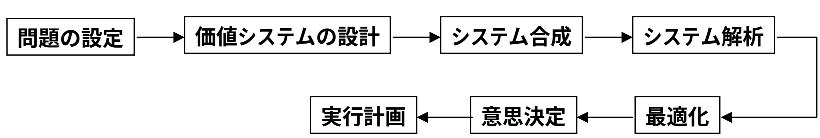
デザインスパイラル



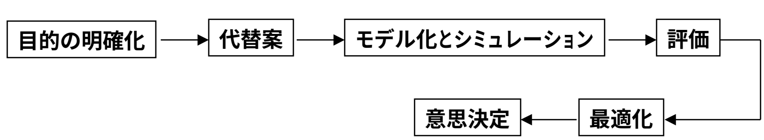
SDAT(Structured Analysis and Design Technique)



機械システム設計手順



(a) デザインスパイラルを展開した図



(b) システム設計における手法の適用手順

システム工学における基本的手法　手法1

1. **目的の明確化** — 何をする機械かと設計目的は，はっきりしているはずであるが，詳細設計（部品図）の段階でその部品の機能が不明確になることがある．
2. **代替案** — 設計の各段階で必ず複数案を考えて各案を比較検討することが評価選定，最適化につながる．
3. **モデル化とシミュレーション** — 現物（設計の対象となる機械）に最も近いモデルは完成された設計図面であるが，設計過程は不明確な点を明らかにしていく段階であるから各種のモデルを使って考えていく．
4. **評価** — 機械の仕様項目，速度，生産量，価格などに重要度を決めて，大体を比較検討し，最適案を決定する．
5. **最適化** — まず，目的を定量的に定める．これを目的関数と呼ぶ．目的関数を最小（最大）にすることが最適化である．代替案の中から最もよい案を選ぶのも最適化．
6. **意思決定** — 設計目標を決めること．代替案の中から最適なシステムを選ぶことなどを意思決定と呼ぶ．数値的に判断することが重要．
7. **総合評価** — 設計完成後，使用後などに全体的に再検討し，不具合な点が発見されれば修正を行う．

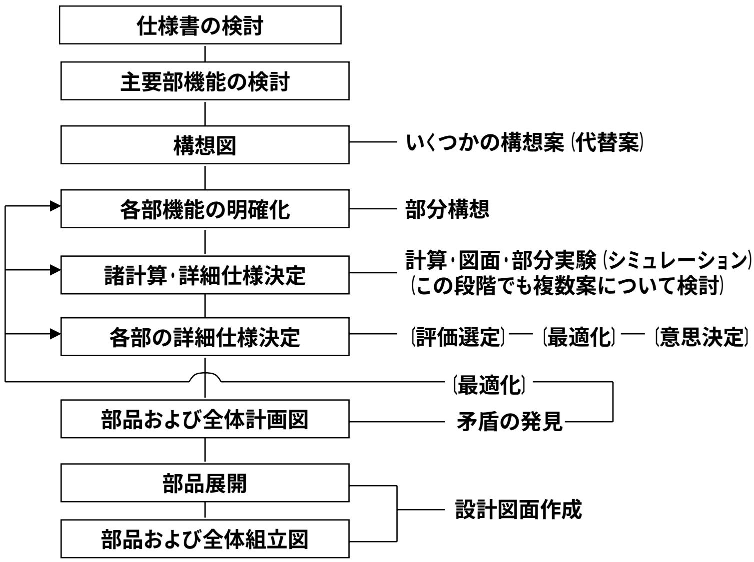
Graduate School of Medicine, Yamaguchi University

機械設計におけるモデル化とシミュレーションの手法　手法2

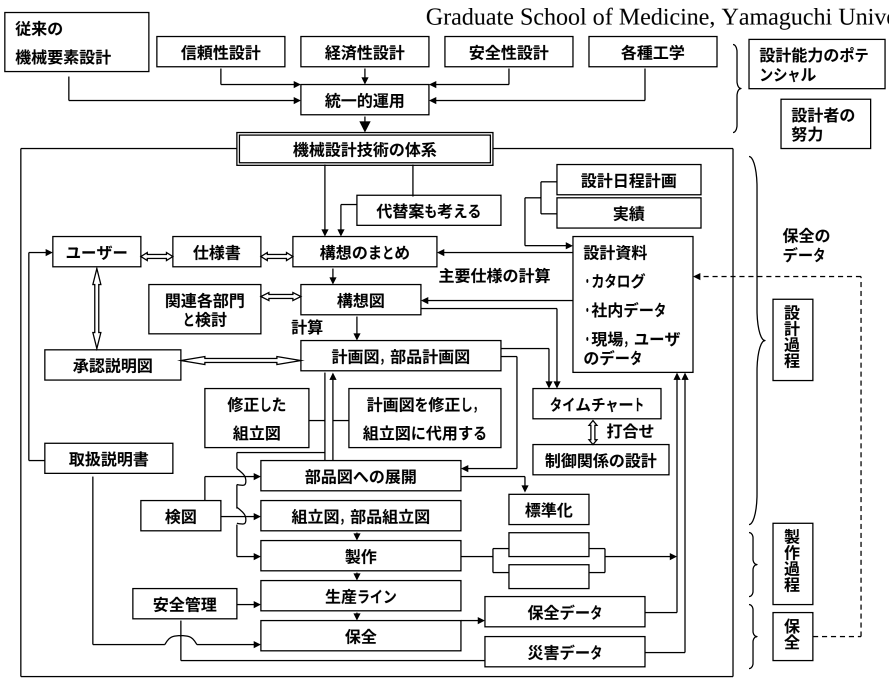
1. **図面による検討** — 機械設計においては，図面が，最も身近で分かりやすいモデル略図．
2. **計算による検討** — 強度計算などに用いる各種公式はすべてモデルと考えることができる．計算を行って，数値により判断する．計算で求めた数値は判断の基準にすべきもの．
3. **簡単な実験** — 摩擦係数などは表面の状況によって変化し，数値を決めがたい場合がある．このようなときには簡単な実験を行って決めることも一つの方法．
4. **記号システムの活用** — 考えたことを記号を使って表現してみることが大切．設計でよく使われる記号，ブロック図などを有効に利用することが大事．
5. **設計ノートの活用** — 以上の事項は，必ず設計ノートで行う．設計ノートはメモ書きではない．ノートの記録の仕方をシステムにすることが重要．

Applied Medical Engineering Science

機械システムの大まかな手順の例



Graduate School of Medicine, Yamaguchi University



Applied Medical Engineering Science

ロボット開発プロジェクト

○ 平成14年10月～ 独立行政法人科学技術振興機構（JST）
人道的対人地雷探知・除去技術研究開発推進事業

○平成11年度開始 未来開拓学術研究推進事業研究プロジェクト

複合領域「外科領域を中心とするロボティックシステムの開発」

○平成10年度～平成14年度 経済産業省技術開発プロジェクト

人間協調・共存型ロボットシステム研究開発プロジェクト（HRP）

⋮

○平成3年～平成5年 機械システム振興協会委託プロジェクト
高層ビル火災対応用ハイブリッドロボットシステムの開発に関するフィージビリティスタディ（HBR）

HBR開発プロジェクト

財団法人：機械システム振興協会

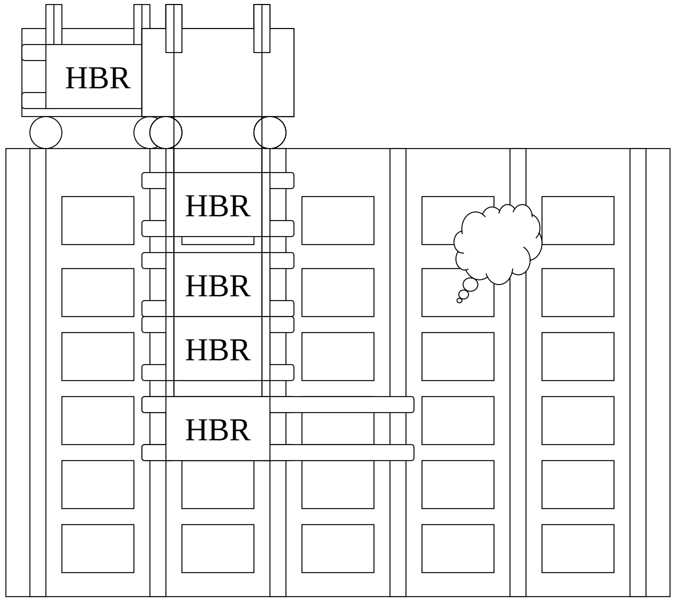
委 託 先：

財団法人 国際ロボット・エフ・エー技術センター，社団法人 日本産業用ロボット工業会，株式会社 小松製作所．

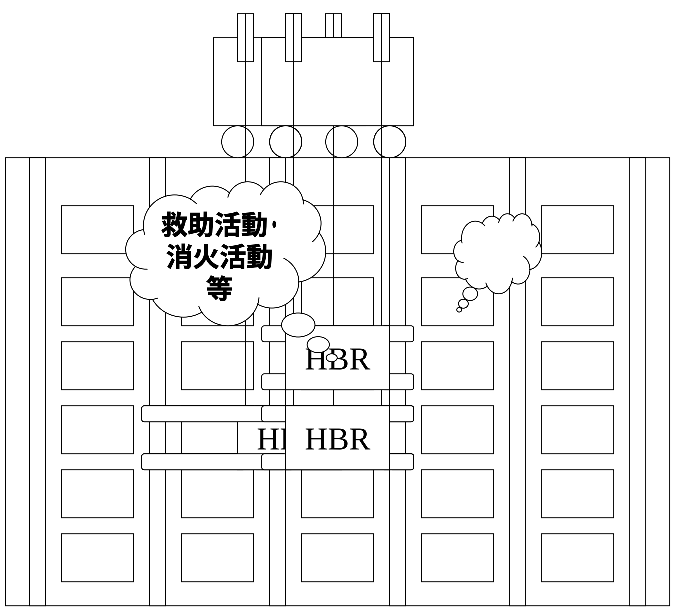
開発ワーキンググループ委員メンバー（参加企業・大学・研究機関）

（株）小松製作所新事業推進本部ロボット事業部主幹	成瀬俊久
東京消防庁消防科学研究所第三研究室主査	相川行雄
東京消防庁警防部救助課救助係長	櫻井輝男
山口大学工学部助教授	斉藤 俊
工業技術院機械研究所ロボット工学部運動機構課主任研究員	矢野智昭
竹中工務店技術研究所主席研究員	萩原忠治
日本ビソー（株）常務取締役東京支店長兼営業開発部長	下吉善武
（株）セイコー技研代表取締役	星野正之
（社）日本産業用ロボット工業会技術課長	佐藤公治

HBR System



HBR System



目的と背景

目的：
高層ビルにおいて火災対応機能とビル外装メンテナンス機能を合わせ持った，高層ビル火災対応用ハイブリッドロボットシステムを開発すること．

都市部における地価高騰に伴う地上空間の有効利用の観点からビルの高層化，密集化

⇒ 火災発生時の危機対策
高層化，密集化による消防車，梯子車使用の制約
救助活動支援ロボットの必要性

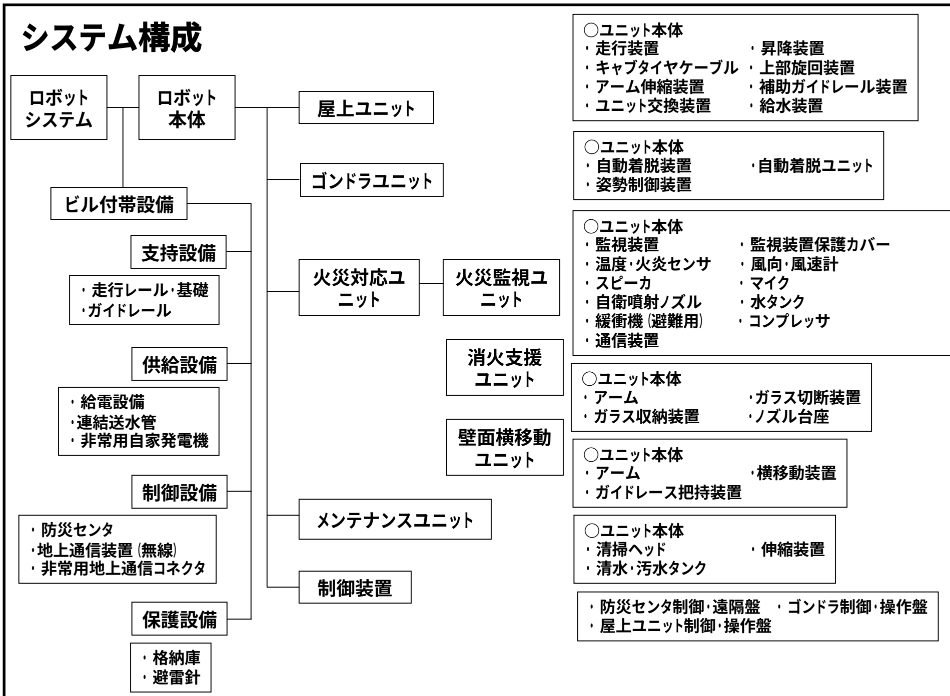
Feasibility study

1. ロボットシステムの基本設計
   1.1 基本仕様の設定
   1.2 基本設計
2. 要素技術研究
   2.1 吸着歩行機構技術
   2.2 協調移動制御技術
3. ロボットシステム（実証機）の詳細設計
   3.1 実証機のシステム全体
   3.2 実証機全体計画図
4. 実証実験
   4.1 実験方法
   4.2 機能・性能の確認実験
5. 総合評価
   5.1 ロボットシステムとしての機能性能の評価
   5.2 ロボットシステム普及性の検討
6. まとめ

環境条件

分類	項目	仕様
気象関係	・風速	・火災対応作業 無人時使用最大 最大瞬間風速　45m/s （平均風速　30m/s） 有人時使用最大 最大瞬間風速　30m/s （平均風速　20m/s） ・メンテナンス作業 最大瞬間風速　25m/s （平均風速　15m/s）
	・大雨，大雪，雷雨	・ゴンドラ安全規則第19条に従い作業の実施について危険が予想されるときは現場責任者の判断によって作業を行わない
	・地震	・設計震度　1G　（激震相当） ・使用最大震度　0.1G　（中震相当）
建物関係	・ビルの高さ ・ビル外壁の凹凸	・31m 以上 ・壁面凹凸量：30cm 以下

システム構成



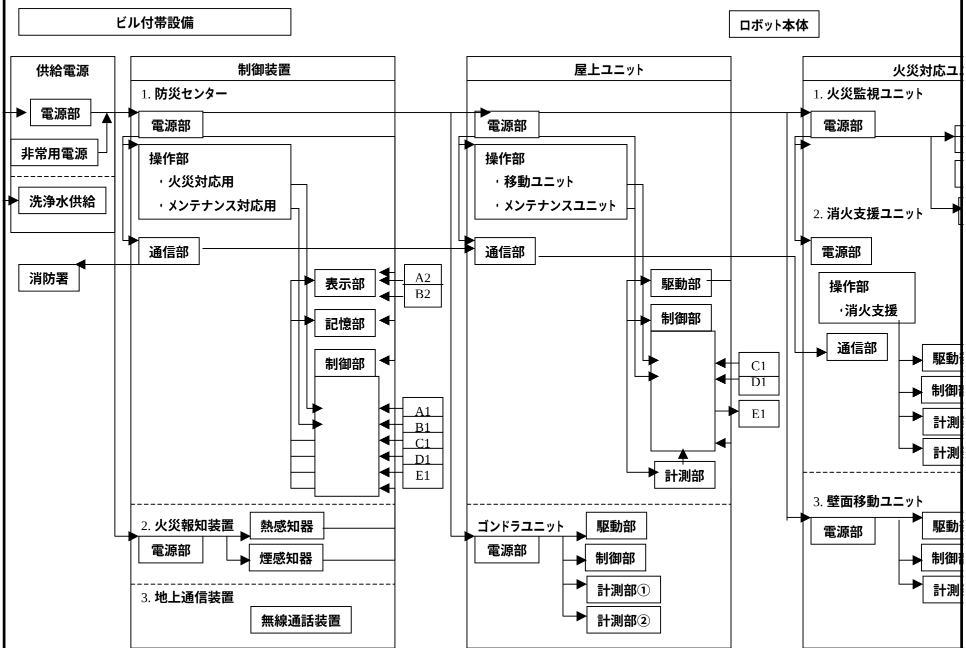
基本性能(1)

分類		項目	仕様	(実証機仕様)
屋上ユニット		・走行速度 ・昇降速度 ・ユニット交換時間 ・協調移動制御 ・連続自動移動 ・安全性	・30m/min ・40m/min ・3min 以内 ・位置制御，走行か減速制御機能 ・自律移動制御機能 ・過荷重検知，暴走防止	・10m/min ・10m/min 無し ← ・初期出動のみ ←
ゴンドラユニット			・姿勢制御機能 ・ユニット自動着脱機能	← 無し
火災対応ユニット	火災監視ユニット	・監視カメラ ・赤外線カメラ	・高感度CCDイメージセンサ型 ・撮像管型熱画像表示カメラ	← ←
	消火支援ユニット	・搭乗人数 ・窓ガラス・ガラス種類穴あけ ・ガラス厚さ ・切断形状 ・切断時間 ・被災者救助 ・消火活動支援	・3人（但し，非常時は最大5人） ・フロート，合わせ，線入り，網入熱線吸収，反射 ・20mmまで ・100×100cm ・3min 以内 ・被災者救助が可能なこと ・ノズル台座装備	・1人 ・フロート，合わせ網入り ← ・75×75cm ← ← ・ノズル台座無し
	壁面横移動ユニット	・平均横移動速度	・3m/min（1スパン平均移動速度）	・2m/min

基本性能(2)

分類	項目	仕様	(実証機仕様)
メンテナンスユニット（窓ガラス自動洗浄）	・洗浄速度 ・洗浄率	・5m/min ・96%以上	無し 無し
制御・表示ユニット	・安全性	・インターロック，非常停止，バックアップ機能	←
	・状況表示	・リアルタイム	←
	・操作性	・ヒューマンインターフェース	←
ビル付帯設備	・ガイドレール ・間隔 ・形状	・3m 間隔 ・100×50×20	・2m間隔，3スパン ←
	・火災報知装置	・火災情報収集	無し
	・防災センタ	・ロボットシステム制御機能	・実験室コントロール室
対環境性	・耐熱性 ・日照 ・噴出火炎	・-10〜+50℃ ・瞬時の被災に耐えること	← ←
	・耐候性 ・耐食性	・外気放置に耐えること ・洗浄剤や消火剤の接触に耐えること	← ←
センサ	・傾斜計	有り	←
	・風向計	有り	←
	・風速計	有り	←
	・火炎センサ	有り	無し
	・温度センサ	有り	無し
	・地震計	有り	無し

ロボットシステム全体の制御の概要



システム設計 (1)

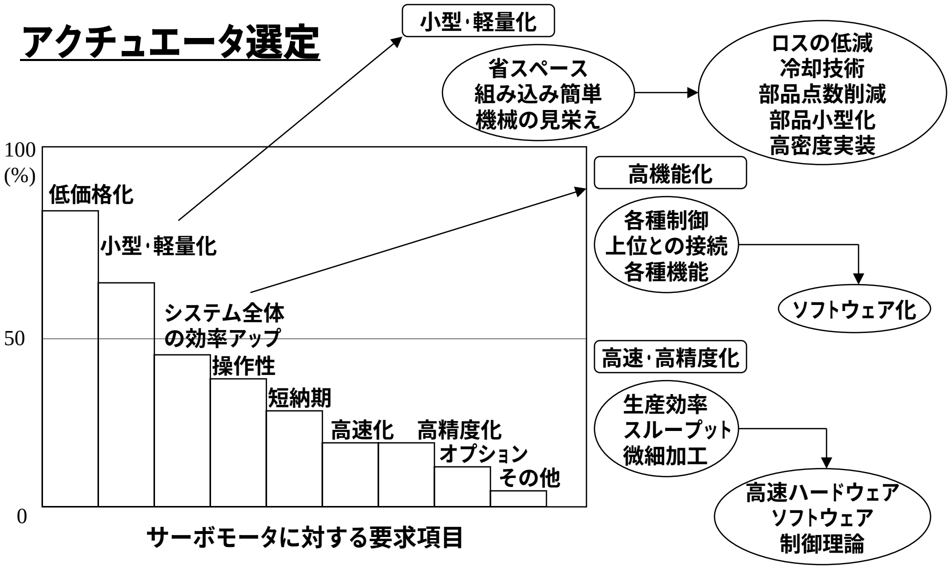
機械設計とシステム技術

① システム工学を取り入れた (機械) 設計
② 階層構造に基づくシステム化
③ モデル化, 評価, 最適化の手法3本柱の使用

システム工学. . . 組織化された創造の技術
⇒ 他の分野への応用･融合による新たな手法の創出

移動機械システム設計

アクチュエータ選定



講義計画

先端医療機器開発における機械工学的アプローチについて

1. Introduction	4/14
2. システム設計(1)	4/21
3. システム設計(2)	4/28
4. システム設計(3)	**5/12**
5. 今年度課題について	5/19
6. システム解析(1)	5/26
7. システム解析(2)	6/02
8. システム解析(3)	6/09
9. 休講	6/16
10. システム統合(1)	6/23
11. システム統合(2)	6/30
12. 今年度課題に関する討論	7/07
13. 開発研究例(1)	7/14
14. 開発研究例(2)	7/21